

1. Обеспечение функционирования интегрированной информационной среды;
2. Управление техническими требованиями;
3. Управление библиотекой и каталогом оборудования и его функциональных имитационных моделей;
4. Управление информационной моделью ТСО МТ;
5. Управление базой знаний (нормы, правила проектирования, архив проектов);
6. Управление каталогом нормативно-справочной информации;
7. Управление данными, документами и доступом;
8. Поддержка концептуального (исследовательского) проектирования ТСО МТ, включая создание логической, функциональной и компоновочной моделей ТСО МТ;
9. Определение характеристик проектируемого ТСО МТ на базе комплексной имитационной математической модели объекта, интегрированной с проектной моделью ТСО МТ;
10. Определение характеристик строительства ТСО МТ;
11. Определение экономических характеристик ТСО МТ;
12. Многоаспектный анализ ТСО МТ на основе сравнения результатов конструкционного, функционального имитационного, планово-проектного и экономического моделирования с исходными техническими требованиями.

**Выводы.** Предлагаемая программа обеспечивает сокращение, а в дальнейшем замену бумажной технологии компьютерной информационной технологией поддержки концептуального проектирования ТСО МТ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

УДК 622

## САПР КАК МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ

**С.В. Розов**, ассистент кафедры основ конструирования механизмов и машин  
Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,  
г. Днепропетровск, Украина

**Аннотация.** В работе представлена методика анализа металлических арочных крепей, позволяющая исследовать компьютерную трехмерную модель крепи при различных видах и величинах нагрузок.

*Ключевые слова:* Компас 3D, САПР, металлическая крепь.

## CAD SYSTEMS AS A METHOD OF RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES METAL ROOF SUPPORT

**S.V. Rozov**, Assistant, Machinery Design Bases Department  
State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine

**Abstract.** The paper presents a methodology for the analysis of metal roof support that allows with use of computer explore the three-dimensional model to be fixed for different types and magnitudes of loads.

*Keywords: Kompas 3D, CAD systems, metal roof support.*

**Введение.** При строительстве и эксплуатации угольных шахт работы по креплению горных выработок отличаются трудоемкостью и требуют значительных материальных затрат. Стоимость крепей и затраты на их возведение при сооружении горных выработок составляют до 60 % от общей стоимости. По данным производственных объединений годовой объем ремонта и перекрепления капитальных и подготовительных выработок составляет до 35 % от общей их протяженности, а доля затрат на крепление и поддержание горных выработок составляет до 15 % в общей себестоимости добычи угля. Поэтому обеспечение устойчивости горных выработок с минимальными затратами является актуальной проблемой угольной промышленности Украины.

Основным видом крепи горизонтальных и наклонных выработок угольных шахт является металлическая крепь. Наиболее распространенными как на Украине, так и за рубежом (Германия, Польша, Россия и др.) являются металлические крепи арочной конфигурации. Удельный вес выработок угольных шахт, закрепленных металлическими крепями, ежегодно увеличивается, масса применяемого для изготовления крепи специального профиля возрастает. В связи с увеличением глубины заложения горных выработок и ухудшением условий их поддержания увеличивается объем применения тяжелых спецпрофилей. Одновременно ухудшение условий поддержания горных выработок приводит к значительным объемам ремонтных работ.

Приведенные доводы свидетельствуют об остроте проблемы повышения устойчивости горных выработок и необходимости ее решения.

**Материал и результаты исследований.** Расчет системы «крепь – массив» относится к весьма сложным задачам горной геомеханики. На практике расчёты крепи горных выработок производятся, в основном, методами сопротивления материалов по схемам, которые присущи строительным

конструкциям. Принципиальных отличий расчётов горной крепи от строительных конструкций несколько:

- горная крепь всегда взаимодействует с массивом горных пород: крепь воспринимает нагружение со стороны массива и, деформируясь, передаёт часть усилий на окружающие породы массива, создавая «пассивный» отпор пород;

- нагружение крепи происходит двояким образом: путём силового и деформационного взаимодействия, которые взаимосвязаны с деформационными параметрами конструкции, причём, чем более податлива крепь, тем меньше на неё формируется нагрузка;

- распределение нагрузки по периметру крепи отличается высокой неравномерностью, которая обусловлена многими случайными факторами;

- крепь только на начальной стадии своей работы с массивом ведёт себя как упругая конструкция, а при дальнейшем нагружении переходит в запредельную стадию взаимодействия с массивом;

- при появлении разрушенных участков, распорные конструкции крепи в процессе нагружения меняют свою расчётную схему.

Эти и целый ряд других особенностей работы крепи с массивом чрезвычайно усложняют расчёты конструкции и заставляют практиков использовать во многом упрощённые методы и оценки при обосновании параметров крепи.

Расчётные схемы взаимодействия крепи с окружающими выработку породами, как правило, далеки от правильного воспроизведения реальных условий эксплуатации крепи. В инженерной практике для учета всех факторов, которые не удастся ввести в расчётную схему, используют различные коэффициенты, полученные, как правило, эмпирическим путем на основе обобщения натурных наблюдений или данных лабораторных испытаний. Однако использование эмпирических коэффициентов ограничивается теми конкретными условиями, в которых проводились наблюдения и эксперимент. Такой подход чреват эффектом «накопления ошибок»: проектировщик выбирает значение нужных ему коэффициентов из некоторого диапазона, не имея достаточного основания для выбора именно этих значений.

Таким образом, процесс проектирования и расчёта крепи представляет собой довольно сложную и длительную процедуру выполнения громоздких операций, которые зачастую носят довольно условный характер. Это нередко приводит к появлению серьезных ошибок, которые заканчиваются разрушением горных выработок и приводят к травматизму обслуживающего персонала. Вот почему так важно обеспечить проектировщи-

кам и техническим работникам горных предприятий возможность более надёжно и обосновано определять параметры крепи.

Один из самых перспективных путей достижения поставленной цели - применение вычислительной техники и современных программных комплексов. Мы отдали предпочтение программному комплексу автоматизированных систем «Компас 3D». В этом программном продукте нами была построена трехмерная модель металлической арочной крепи АП-27, которая легко представляема и наглядна. В дальнейшем объект исследования был подвергнут изучению при помощи системы прочностного анализа АРМ FEM. Для этого построенная трехмерная модель металлической арочной крепи была подготовлена для расчета, а именно: были указаны закрепления, заданы совпадающие поверхности и указаны плоскости, на которые оказывается давление горной породы. Последней операцией, выполняемой перед расчетом, является генерация конечно-элементной (КЭ) сетки, т.е. разбивка деталей на конечные элементы. Следует отметить, что от качества КЭ сетки, сгенерированной на детали или сборочной единице, зависит достоверность получаемых результатов прочностного расчета. После указания всех факторов, влияющих на металлическую арочную крепь, нами был произведен статический расчет. Одновременно были определены слабые места в крепи при превышении допустимых показаний нагрузки.

На рис.1 приведено визуальное сравнение исходной модели металлической арочной крепи АП-27 с той же крепью в результате ее нагружения.



Рис. 1. Деформация крепи АП-27 под прилагаемым давлением

Сравнение результатов нагружения компьютерной модели металлической арочной податливой крепи АП-27 и ее справочных данных приведено в табл. 1.

Таблица 1 Результаты испытаний и справочные данные

Сечение в свету, $m^2$	Номер спецпрофиля	Несущая способность, справочн./испытан., $P$ , кН	Податливость, справочн./испытан., $U$ , мм
16	27	290/275	300/225

Разрушение (отказы) элементов крепи при испытаниях происходило, в основном, в нижней части стоек. При увеличении нагрузок происходило разрушение целостности замков.

По результатам исследований, проведенных в системе «Компас 3D», построен график зависимости несущей способности металлической арочной крепи АП-27 от площади поперечного сечения выработки (Рис.2.).

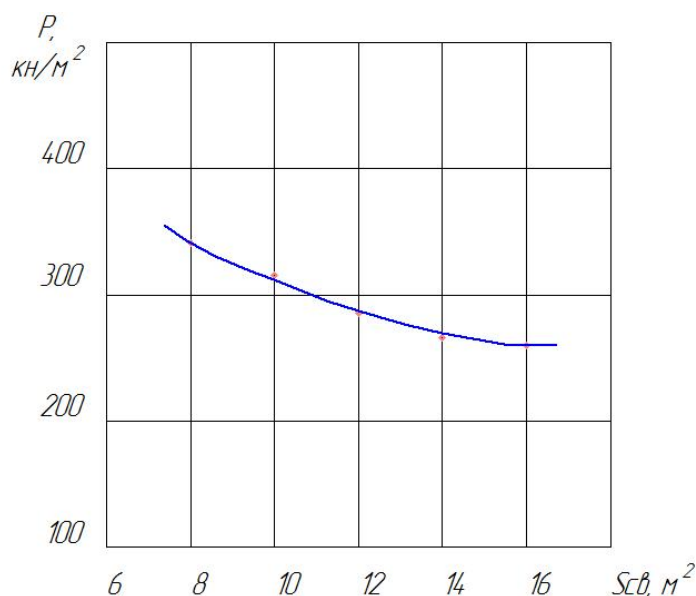


Рис.2. График зависимости несущей способности металлической арочной крепи АП-27 от площади поперечного сечения выработки

**Вывод.** Таким образом, программный комплекс автоматизированных систем «Компас 3D» позволяет:

- существенно снизить объемы проектных работ по определению параметров крепи;
- установить закономерности деформирования и изменения несущей способности различных комбинаций крепей на базе наиболее широко применяемых в настоящее время конструкций;
- повышает обоснованность технических решений по выбору крепи;
- дает возможность учесть в прогнозе работы крепи особенности конкретных выемочных участков;

- дает визуальную наглядность процессов, происходящих в крепи.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. И.В. Бакланов, Б.А. Картозия, А.Н. Шашенко, В.Н. Борисов; Геомеханика. Том 2. Геомеханические процессы. Издательство МГГУ, 2004.
2. Г.Г. Литвинский, Э.В. Фесенко, Е.В. Емец; Расчет крепи горных выработок на ЭВМ: Уч. пособ., Алчевск: ДонГТУ, 2011. – 174 с.
3. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев Н.И. Стальные рамные крепи горных выработок. Издательство: Техника, 1999.
4. Геомеханические аспекты разработки механизированных крепей. Новосибирск, 1988.
5. Булычев Н.С., Фотиева Н.Н., Стрельцов Е.В. Проектирование и расчет крепи капитальных выработок. М.: Недра, 1986. – 288 с.

УДК 624.074.4:681.3:539.4

### **К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ К ИДЕНТИФИКАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ**

**Г.В. Филатов**, доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [filatovgv@mail.ru](mailto:filatovgv@mail.ru)

**Аннотация.** Исследуются вопросы идентификации математических моделей коррозионного разрушения конструкций по экспериментальным данным с применением методов нелинейного программирования. Предлагается теорема о принадлежности оптимальной точки границе области допустимых решений и методика идентификации методом случайного поиска.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, идентификация, коррозионное разрушение, нелинейное программирование.

### **ABOUT APPLICATION OF METHODS OF NONLINEAR PROGRAMMING TO IDENTIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS OF CORROSION DESTRUCTION OF CONSTRUCTIONS**

**G. Filatov**, Doctor of technical Sciences, Professor of material authority Department State Higher Educational institute “Ukrainian state chemical-technological university”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [filatovgv@mail.ru](mailto:filatovgv@mail.ru)

**Abstract.** The problem of identification of mathematical models of corrosive destruction of constructions are probed from experimental data with the use of methods of the nonlinear programming. A theorem is offered about belonging of optimum point to the bor-